

明細書

熱式流体流量計

技術分野

本発明は、熱式流体流量計に係り、特に、内燃機関の吸入空気量を測定するのに好適な熱式流体流量計に関する。

背景技術

流体流量計の一例として、自動車などの内燃機関の電子制御燃料噴射装置に用いられ、吸入空気量を測定する空気流量計がある。この空気流量計は、熱式のもので質量流量を直接検知することから主流となってきた。

熱式の空気流量計の中でも、特に、半導体マイクロマシニング技術により製造された測定素子を搭載した熱式空気流量計が、コストを低減でき、且つ、低電力で駆動することができることから注目されてきた。

このような半導体基板を用いた従来の熱式空気流量計として、特開2002-310762号公報に記載された技術がある。この公報に記載された技術は、製造バラツキの低減と経年変化に対する信頼性に充填重点を置いているものである。

この公報記載の発明によれば、ブリッジ回路に用いる発熱抵抗体、温度補償抵抗体及び抵抗体を同一の半導体基板上に同一の抵抗体材料で集積化した構成になっている。

これにより、高精度なヒータ制御が可能となり、これらの抵抗の抵抗値、抵抗率が時間経過にともない変化したとしても、同一の抵抗体材料で形成することにより、その変化の程度は同一視することができるので、ブリッジ回路の平衡状態は維持できる。よって長期にわたり安定した特性が得られる。

発明の開示

上記従来技術では、空気流の温度変化に対しては最適な加熱制御を行うことができるが、自動車用などの内燃機関に用いる場合、内燃機関の発熱による熱式空

気流量計の外部からの熱影響が、空気流量の計測精度を低下させる原因となっている。

つまり、自動車等の過酷な温度条件下で使用される熱式空気流量計は、内燃機関の温度上昇により、熱式空気流量計の支持部を通して測定素子に熱が伝わり、測定素子近傍の被検出空気温度を上昇させるため、計測される流量は実際の流量より少ない量として計測され、計測精度の低下原因となっている。

この計測精度低下原因については、従来技術では認識されておらず、何ら対抗は講じられていない。

本発明の目的は、外部の熱影響による流体流量計測精度の誤差を低減し、流量計測精度を向上した熱式流体流量計を実現することである。

上記目的を達成するため、本発明は次のように構成される。

(1) 熱式流体流量計は、流体通路内に配置され、電流を流すことによって発熱する発熱抵抗体と、流体温度を検出するための温度補償抵抗体と、上記発熱抵抗体の上流の温度を測定する第1測温抵抗体と、下流の温度を測定する第2測温抵抗体とを同一基板上に形成した流量測定素子を備える。

さらに、熱式流体流量計においては、上記流体通路を形成する吸気管の壁面支持され、上記流量測定素子を支持するケーシング内の温度を温度センサにより測定される。そして、流体の温度と上記発熱抵抗体の温度との差が流体温度に応じて変化する加熱温度制御手段が備えられ、演算器により、上記第1及び第2測温抵抗体から流体流量に応じた信号と、上記温度センサとを用いて温度補正を行う。

(2) 好ましくは、上記(1)において、上記加熱温度制御手段は、上記発熱抵抗体と、上記温度補償抵抗体と、第1抵抗体と、第2抵抗体と、ブリッジ回路を形成する。そして、上記温度補償抵抗体は、上記発熱抵抗体、第1抵抗体及び第2抵抗体とは異なる抵抗温度係数を有し、空気温度が上昇すると加熱温度を下げる。

(3) また、好ましくは、上記(1)または(2)において、同一の抵抗体材料で形成された上記発熱抵抗体、上記温度補償抵抗体、上記第1抵抗体及び上記第2抵抗体は、ブリッジ回路を形成し、上記抵抗体材料とは異なる抵抗温度係数

有する固定抵抗が、上記温度補償抵抗体に並列に接続される。

(4) 本発明の熱式流体流量計は、流体通路内に配置され、電流を流すことによって発熱する発熱抵抗体と、この発熱抵抗体の上下流の温度を測定する第1及び第2の側温抵抗体とを同一基板上に有する流量検出素子を備える。

さらに、熱式流体流量計は、上記発熱抵抗体の温度を制御する温度制御回路、上記第1及び第2の側温抵抗体から流体流量に応じた信号を取り出す流量検出回路と、上記流体通路を形成する吸気管の壁面に支持され、上記流量測定素子を保持するケーシングと、このケーシング内の温度を測定する温度センサと、上記第1及び第2側温抵抗体から流体流量に応じた信号を入力し、上記温度センサを用いて温度補正を行い出力する演算器と、上記流量検出回路の、流量ゼロにおける出力電圧であるオフセット電圧が周囲温度に応じて変化する流量検出手段とを備える。

(5) 好ましくは、上記(4)において、上記流量検出手段は、前記第1側温抵抗体と、第2側温抵抗体との直列回路を有し、上記第1側温抵抗体と、第2側温抵抗体とは、異なる抵抗温度係数を有する。

(6) また、好ましくは、上記(4)又は(5)において、上記流量検出手段は、同一の抵抗温度係数を有する第1側温抵抗体と、第2側温抵抗体との直列回路をえ、上記第1及び第2側温抵抗体とは異なる抵抗温度係数の固定抵抗が、上記第2側温抵抗体に並列に接続される。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施形態における熱式空気流量計の測定素子を示す平面図である。

図2は、図1の測定素子のA-A'線に沿った断面図である。

図3は、測定素子上の発熱抵抗体に電流を流し加熱温度制御を行うための駆動回路を示す図である。

図4は、本発明における駆動回路を動作させたときの空気温度に対する発熱抵抗体の温度を従来技術と比較したグラフである。

図5は、本発明による流量を検出するための回路図である。

図6は、熱式空気流量計が内燃機関の吸気通路に実装された状態の概略断面図である。

図7は、補正を行う前の検出流量電圧の全体温度特性によって発生する検出流量誤差を示すグラフである。

図8は、測定素子と温度センサとの、空気流量の変化に対する温度変化を示す図である。

図9は、補正後の全体温度特性を示すグラフである。

図10は、従来技術における演算器の補正マップを示す図である。

図11は、本発明における演算器の補正マップを示す図である。

図12は、熱式空気流量計の壁面温度特性による流量検出誤差を示す図である。

図13は、熱式空気流量計の壁面温度特性による温度センサと測定素子の温度変化を示す図である。

図14は、熱式空気流量計の補正後の壁面温度特性を示す図である。

図15は、本発明の第2の実施形態における、発熱抵抗体の駆動回路を示す図である。

図16は、本発明の第3の実施形態における流量検出回路を示す図である。

図17は、本発明における第3の実施形態の流量検出回路の流量0kg/hにおける出力電圧の空気温度依存を示すグラフである。

図18は、本発明における第3の実施形態の全体温度特性による流量検出誤差を示す図である。

図19は、本発明の第4の実施形態における流量検出回路を示す図である。

図20は、本発明の第5の実施形態における加熱温度制御を行うための駆動回路を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して説明する。なお、以下の例は、本発明を熱式空気流量計に適用した場合の例である。

図1は、本発明の第1の実施形態における熱式空気流量計の測定素子を示す平面図である。図2は、図1の測定素子のA-A'線に沿った断面図である。

図1、図2において、測定素子1は、下面より異方性エッチングにより電気絶縁膜3aの境界まで穿孔形成した空洞4を有するシリコン等の半導体基板2と、空洞4を覆おう電気絶縁膜3a上に形成した発熱抵抗体5とを備えている。また、測定素子1は、発熱抵抗体5の温度補償を行うための温度補償抵抗体6aと、発熱抵抗体5及び温度補償抵抗体6aと共にブリッジ回路を形成するための第1抵抗体7と、第2抵抗体とを備えている。

また、測定素子1には、発熱抵抗体5近傍の上下流の温度を検出し、空気流量応じた信号を得るための第1測温抵抗体9と、第2測温抵抗体10とが形成されている。そして、測定素子1は、この測定素子1を駆動回路と接続し、検出流量電圧を出力するための、アルミニウムなどで形成される端子電極11（11a～11l）と、各抵抗体を保護するための電気絶縁膜3bを備えている。

ここで、測定素子1上に形成するこれらの抵抗体に使用する材料として、ポリシリコン、白金、金、銅、アルミニウム等の材料を用いてもよい。この第1の実形態では、測定素子1上の抵抗体は低コストであるポリシリコンで形成している。

図3は、測定素子1上の発熱抵抗体5に電流を流し加熱温度制御を行うための駆動回路を示す図である。図3において、駆動回路は、測定素子1上に形成した発熱抵抗体5と、この発熱抵抗体5に直列接続された第1抵抗体7と、温度補償抵抗体6aと、この温度補償抵抗体6aに直列接続された第2抵抗体8と、回路基板上6に設置され、温度補償抵抗体6aに並列接続された固定抵抗6bとを備え、抵抗体5及び7と、抵抗6a及び8とは、並列に接続されてブリッジ回路を構成している。

また、この駆動回路は、ブリッジ回路の差電圧を増幅するため、抵抗5と7との接続点と、抵抗6aと8との接続点とに接続される差動増幅器12と、この差動増幅器12からの出力電圧が、そのベースに供給され、ブリッジ回路に流れる電流を制御するため、そのエミッタが抵抗6aと抵抗5との接続点に接続されるトランジスタ13と、このトランジスタ13のコレクタと接地との間に接続される電源14とを備える。

発熱抵抗体5の抵抗値を R_h 、温度補償抵抗体6aの抵抗値を R_c 、固定抵抗6bの抵抗値を R_f 、第1抵抗体7の抵抗値を R_a 、第2抵抗体8の抵抗値を R_b とすると、上記駆動回路は以下の式（1）を満たすように動作する。

$$R_h \times R_b = (R_c // R_f) \times R_a \quad \text{--- (1)}$$

また、発熱抵抗体5は熱絶縁されているため、電流を流すと発熱する。したがって、ポリシリコンの抵抗温度係数を α_s (ppm/℃)、発熱抵抗体5の温度を T_h (℃)、測定素子1の基板温度を T_c とすると、発熱抵抗体の温度 T_h は、次式(2)、(3)のように求められる。

$$R_h(1 + \alpha_s T_h) \times R_b(1 + \alpha_s T_c) = (R_c(1 + \alpha_s T_c)) // R_f \times R_a(1 + \alpha_s T_c) \quad \text{--- (2)}$$

$$T_h = ((R_c(1 + \alpha_s T_c)) // R_f \times R_a \times R_h / (R_b R_h - 1)) / \alpha_s \quad \text{--- (3)}$$

上記駆動回路において、温度補償抵抗体6aに並列に接続されている固定抵抗6bは、本発明の第1の実施形態において、付加される加熱温度制御手段である。

従来技術では、駆動回路は、発熱抵抗体5、温度補償抵抗体6a、第1抵抗体7及び第2抵抗体8で構成し、これら抵抗体は、同一の抵抗体材料で形成することにより同一の抵抗温度係数(1200 ppm/℃)としているが、本発明の第1の実施形態における駆動回路は、これらの抵抗5、6a、7、8に加え、抵抗温度係数ほぼ0 ppm/℃である固定抵抗6bを温度補償抵抗体6aに並列に接続している。

固定抵抗6bの抵抗値は、温度補償抵抗体6aの20倍程度であればよい。本発明における駆動回路を動作させたときの空気温度に対する発熱抵抗体5の温度を従来技術と比較したグラフを図4に示す。

図4において、従来技術では、破線で示す空気温度に対し、発熱抵抗体5の温度は常に一定温度高くなるように制御される。つまり、従来技術では、空気温度20℃の場合、発熱抵抗体5の温度は170℃であり、空気温度に対して15℃上昇する($\Delta T_h = 150^\circ\text{C}$)。また、従来技術においては、空気温度が80℃に上っても $\Delta T_h = 150^\circ\text{C}$ である。

一方、本発明の第1の実施形態による駆動回路では、空気温度が20℃のときは、従来技術と同様に、170℃で $\Delta T_h = 150^\circ\text{C}$ であるが、空気温度が80℃に上昇すると、固定抵抗6bの効果により発熱抵抗体5の ΔT_h が下がり、 $\Delta T_h = 145^\circ\text{C}$ となる加熱温度が下がる。

すなわち、空気温度が20℃から80℃に変化すると、 ΔT_h が5℃低下するため、流量検出における感度が下がることになる。このように、本発明における

動回路は、空気温度に応じて発熱抵抗体5の温度を調整するとともに、流量検出における感度を調整することができる。この感度調整の効果については後述する。

実際には、測定素子1上に形成したポリシリコンによる抵抗体の抵抗値には、製造バラツキが±20%程度あるため、より高精度な制御を行う場合、接続する抵抗6bは、印刷抵抗などを用いて、レーザトリミングなどにより抵抗値を調整する構成としたほうがよい。

また、接続する固定抵抗6bは、温度補償抵抗6aに直列に接続したり、第1抵抗7に接続する構成でもよく、同様な効果が得られる。

図5は、発熱抵抗体5の上下流の温度を検出するための第1測温抵抗体9及び第2測温抵抗体10による空気流量を検出するための流量検出回路と、熱式空気流量計内部に設置した温度センサからの情報をもとに検出流量電圧を補正し出力する演算器を示す図である。

図5において、流量検出回路は、第1測温抵抗体9と第2測温抵抗体10との直列回路に基準電圧源15が接続されて構成されている。第1測温抵抗体9及び第2測温抵抗体10は、発熱抵抗体5と同様に、ポリシリコンで形成されている。

測定素子1上を空気が流れることによって発熱抵抗体5上流の第1測温抵抗体9が冷却され、その抵抗値が下がる。そして、発熱抵抗体5の下流の第2測温抵抗体10は、発熱抵抗体5により温められた空気が流れるため、加熱されて、その抵抗値が大きくなる。

したがって、これらの抵抗体9、10の直列回路の電圧変化を取り出すことによって空気流量に応じた信号(検出流量電圧)が得られる。

抵抗体9、10の電圧変化である検出流量電圧は、演算器17に供給される。また、演算器17には、駆動回路等の温度特性を補正するために熱式空気流量計内部に設置され、熱式空気流量計の代表温度を計測する温度センサ16からの温度検出信号が供給される。演算器17は、温度センサ16からの温度情報に基づいて、検出流量電圧を補正する。また、演算器17は、検出流量電圧と温度センサ16からの温度の関係などの補正情報が記憶されたメモリ18が接続され、メモリ18に記憶された情報に基づいて、高精度な空気流量を算出し、算出した空気流量信号を出力する。

図6は、内燃機関への吸入空気の流量を計測する熱式空気流量計が自動車等の内燃機関の吸気通路に実装された状態の概略断面図である。図6において、測定素子1は、吸入空気19が流れる主通路20内に配置された副通路21内に設置される。そして、副通路22を形成する部材22はケーシング23によって支持される。

また、測定素子1は、ケーシング23内の回路基板26に支持されるとともに金線ボンディング28などにより、電氣的に駆動回路に接続される。さらに、ケーシング23は、取り付け支持部24によって、吸気通路壁面25に設置される。

また、ケーシング23内部には、測定素子1を駆動し流量信号を取り出すための駆動回路及び流量検出回路と、熱式空気流量計の代表温度を検出する温度センサ16と、検出流量電圧を補正するための演算器17及びメモリ18が搭載された回路基板26とが設置される。

また、固定抵抗6bも、回路基板26上に設置される。そして、熱式空気流量計で計測した空気流量信号は、コネクタ27を介してエンジン制御を行うコンピュータ（ECU）に送られる。

この第1の実施形態の場合は、回路基板26上の温度を熱式空気流量計の代表温度としたが、より吸気通路壁面25に近い取り付け支持部24など回路基板26の外部に温度センサ16を設置してもよい。

しかし、その場合、回路基板26の外部となるため、配線の設置が必要になる。温度センサ16の実装が複雑になる。したがって、温度センサ16は、回路基板26と一体にした方が簡単で安価である。

ところで、自動車に用いられる内燃機関において、内燃機関に吸入される空気の温度は、内燃機関の発熱により -40°C から $+80^{\circ}\text{C}$ の範囲において精度を保することが要求される。

さらに、この温度条件において、吸入空気の温度と熱式空気流量計の温度と同じであるという条件で、 -40°C から $+80^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化する温度特性（下、この温度条件を全体温度と呼び、この温度特性により発生する熱式空気流量計の流量検出誤差を全体温度特性と呼ぶ）という第1の条件がある。また、空気の温度は 20°C で、吸気通路壁面25の温度が 80°C になり、吸気通路壁面25

ら熱式空気流量計に熱が伝わる状態になる温度特性（以下、この温度条件を壁温度と呼び、この温度特性により発生する熱式空気流量計の流量検出誤差を壁温度特性と呼ぶ）という第2の条件がある。上記第1の条件及び第2の条件のちらの条件においても熱式空気流量計の流量検出精度を確保しなければならな

上記の温度条件において、従来技術の場合は、全体温度特性であれば、温度センサ16からの情報で補正し、流量検出精度は確保できるが、壁面温度特性に誤差は補正できない。これは、上述したように、内燃機関の発熱による壁面温度上昇が、空気流量検出精度に影響を与えているという事態が認識されていないからである。

本発明では、上記のような二つの温度条件においても、空気流量計の温度センサ16と、発熱抵抗体5の温度制御を行う加熱温度制御手段（この第1の実施形態では、固定抵抗6bを追加した図3の駆動回路）によって流量検出誤差を補正でより高精度な流量測定が可能である。

本発明が、高精度な流量測定可能であることを以下に従来技術との比較において、説明する。

まず、従来技術の熱式空気流量計における全体温度特性を説明する。

図7は、演算器17による補正を行う前の検出流量電圧の全体温度特性によって発生する検出流量誤差を示すグラフである。この検出流量誤差とは、全体温度が20℃から80℃に変化したときに起こる検出流量電圧の変動を流量誤差に算したものである。

図7に示すように、全体温度特性により発生する流量検出誤差は、空気流量によって変化し、従来技術においては、低流量の5 kg/hでは、-7%程度の誤差最大になる。

図8は、上記温度条件における、測定素子1と温度センサ16との、空気流量変化に対する温度変化を示す図である。図8において、全体温度特性では吸入気温度と、吸気通路壁面25の温度とは同一温度になるため、全体温度80℃場合であっても、20℃の場合であっても、温度センサ16と、測定素子1とは共に全体温度と同じ温度になる。

一方、本発明における全体温度特性は、固定抵抗6bの効果により、空気温

が上昇すると、発熱抵抗体5の温度上昇分は、従来技術より小さく、流量検出に
する感度を小さくするように調整している（図4参照）。

したがって、本発明においては、流量検出の感度が下がれば、全体温度特性
全体温度を20℃から80℃に変化させたときに発生する流量検出誤差は、従
来技術に比べマイナス側に大きくなる。

このように、本発明では、全体温度特性による流量検出誤差を調整でき、こ
ときの測定素子1と温度センサ16との温度は、図8に示すように、同じである

そして、この全体温度特性は、従来技術、本発明ともに、温度センサ16か
ら情報と演算器17とによって補正することが可能である。演算器17は図7
示す全体温度特性による流量検出誤差が0%になるように、検出流量電圧に補
量を加え流量検出誤差を低減する。図9は、補正後の全体温度特性を示すグラ
フである。

なお、検出流量電圧に加える補正量とは、演算器17が温度センサ16から
温度情報に基づいた補正量であり、温度センサ16の温度と空気流量との関係
を示したマップ（補正マップ）を用いる。この補正マップはメモリ18内に記憶
されている。

図11に示す表1は、従来技術における補正マップであり、図12に示す表2
は本発明における補正マップである。図11と図12とを比較すると、本発明に
ける補正マップは、従来技術における補正マップにより補正量が大きくなっ
てくる。これは、上述したように、内燃機関の発熱により温度が上昇した場合や、
部温度の影響により温度が低下した場合には、検出流量誤差が大きくなるため
これを考慮して、補正量を従来技術に比較して大としている。

なお、本発明の第1の実施形態では、マップを用いる方法を使ったが、補正
マップをモデル化した関数を使って補正するものであっても、同様な効果を得る
ことができる。

次に、壁面温度特性について、従来技術と本発明とを比較して説明する。

図12は、演算器17により補正される前の流量検出電圧の壁面温度特性に
よって発生する流量検出誤差を示す図である。そして、この図12においては、
入空気温度を20℃に保ち、吸気通路壁面25の温度を20℃から80℃に上

したときに発生する検出流量電圧の変動を流量誤差に換算したものである。

図13は、壁面温度が20℃の場合及び80℃の場合における空気流量の変動に対する温度センサ16と、測定素子1との温度状態を示すグラフである。

壁面温度特性では、壁面温度が80℃のときは、壁面に近いほど温度が高くなるため、温度センサ16の温度は測定素子1の温度よりも高温になる。また、空気流量が増加すると、放熱効果により徐々に温度が下がり空気温度に近づく。

図12において、従来技術では、壁面温度特性による流量誤差は低流量5 kg/hで最も大きい-10%となり、空気流量が増加するに従い徐々に小さくなる。これは、空気流量が増加すると吸気通路壁面25から熱式空気流量計に伝わる熱の放熱する効果が大きくなり、測定素子1の温度が下がってくるためである。

一方、本発明における壁面温度特性は、壁面温度特性による流量誤差は低流量5 kg/hで最も大きい-12.5%となり、空気流量が増加するに従い徐々に小さくなる。

本発明における補正前の壁面温度特性は、従来技術に比べて、最大で-2.5%悪化している。これは壁面温度特性においても測定素子1の温度が上昇する。固定抵抗6bによる発熱抵抗体5の温度上昇分を減少する効果が現れるためである。

上記の壁面温度特性は演算器17に入力される検出流量電圧の特性であり、本温度特性と同様に、温度センサ16の情報とメモリ18に格納された補正マップにより図14に示すグラフのように補正される。

図14において、従来技術では補正後の壁面温度特性は、完全には0%にはならず、流量5 kg/hで-5%程度残ることがわかる。これは、図10に示した補正マップを用いても壁温特性では十分な補正量が得られないためである。つまり、図13において、壁面温度が80℃の場合、流量5 kg/hでの温度センサ1の温度は60℃程度であり、この温度での補正量は、図10から、およそ4.7%である $((60℃ - 20℃) \times 7\% / (80℃ - 20℃))$ 。

したがって、従来技術においては、補正前の壁面温度特性による流量検出誤差が、-10% (図12、5 kg/h時) であるため補正後は、 $-10\% + 4.7\% = -5.3\%$ である。このように、従来技術における温度センサ1による補正は、全体温度特性を補正することはできるが、壁面温度特性では演算器17による補正量が少

なく、大きな誤差が残る。

一方、本発明による熱式空気流量計の補正後の壁面温度特性は、従来技術に比べ1%程度改善していることが分かる。つまり、図13において、壁面温度が20℃の場合、流量5kg/hでの温度センサ1の温度は60℃程度であり、この温度の補正量は、図10から、8.0%である $((60℃ - 20℃) \times 12\% / (80 - 20℃))$ 。

したがって、本発明においては、補正前の壁面温度特性による流量検出誤差-12.5% (図12、5kg/h時) であるため補正後は、 $-12.5\% + 8.0\% = -4.5\%$ である。従来技術では、-5.3%の誤差であったものが、本発明-4.5%と、約1%改善されている。

この改善された理由は、本発明における演算器17による誤差補正量は、図1の表2に示すように、従来技術における補正量に比べて大きくなっているためである。つまり、固定抵抗6bにより全体温度特性を大きくして、演算器17による誤差補正量を変更し、流量検出誤差を従来技術に比較して改善している。

本発明の第1の実施形態によれば、外部の熱影響による流体流量計測精度の差を低減し、流量計測精度を向上した熱式流体流量計を実現することができる。

本発明の第1の実施形態における効果は、温度センサ16を用いた誤差補正固定抵抗6bを用いて温度特性を変化させることの2つを併用することにより得られる。

したがって、温度センサ16を用いた誤差補正だけ、若しくは固定抵抗6b抵抗6aに接続して温度特性を変更するだけというようにどちらか一方を用いる構成では、全体温度特性と壁面温度特性との両方を同時に補正できず、これら両方を併用することによって、はじめて得られる効果である。

本発明の第1の実施形態は、演算器17によって誤差補正される前の全体温度特性を調整する機能を設けたことが特徴であり、このような機能を実現するその他の実施形態を以下に説明する。

図15は、本発明の第2の実施形態における、発熱抵抗体5の駆動回路を示すものである。この駆動回路は測定素子1上の発熱抵抗体5に電流を流し加熱温度制御を行うための駆動回路である。

この図 1 5 に示した駆動回路と、図 3 に示した駆動回路との異なるところは、図 3 の例は、抵抗 6 a に並列に抵抗 6 b を接続しているが、図 1 5 の例においては、抵抗 6 a には、抵抗 6 b は接続せず、抵抗 7 に並列に抵抗 2 9 を接続するところである。他の構成は、図 1 5 の例と図 3 の例とは同様となっている。

図 1 5 において、測定素子 1 上に形成した発熱抵抗体 5、温度補償抵抗体 6 a、第 1 抵抗体 7 及び第 2 抵抗体 8 は、同一の抵抗体材料であるが、固定抵抗 2 9 はこれらの抵抗 5、6 a、8 及び 7 とは異なる抵抗体材料が用いられてブリッジ回路が形成されている。

なお、この駆動回路は、第 1 の実施形態における駆動回路と同様な機能を備えている。また、図 1 5 における固定抵抗 2 9 は抵抗体 7 と並列に接続しているが、抵抗 7 と抵抗 2 9 とを直列接続しても得られる効果は同じである。

他の構成は、第 1 の実施形態と同様であり、温度センサ 1 6 からの温度検出信号と、メモリ 1 8 に記憶された補正量情報とから、演算器 1 7 が空気流量信号を算出する。

この第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様な効果を得ることができる。

図 1 6 は、本発明の第 3 の実施形態における流量検出回路を示す図である。

図 1 6 において、流量検出回路は、同一の抵抗体材料（ポリシリコン抵抗体）で形成した、流量検出のための第 1 測温抵抗体 9 と、この第 1 測温抵抗体 9 に直列接続された第 2 測温抵抗体 1 0 と、この抵抗体 1 0 に並列に接続され、抵抗体 9 と 1 0 の抵抗体材料とは異なる材料の固定抵抗 3 0（抵抗温度係数＝約 0 ppm/°C）とを備えている。なお、固定抵抗 3 0 は、第 2 測温抵抗体 1 0 に直列に接続してもよい。

図 1 7 は、流量 0 kg/h における検出流量電圧の空気温度依存を示すグラフである。

図 1 7 において、従来技術における流量検出回路では、同一の抵抗温度係数をもった抵抗体からなる直列回路であるため、空気温度が変化しても一定電圧となるが、本発明の第 3 の実施形態では、測温抵抗体 1 0 に固定抵抗 3 0 が接続されているため、空気温度が上昇すると検出流量電圧が小さくなる。

このように、空気流量 0 kg/h における検出流量電圧（オフセット電圧）の空気温度依存を固定抵抗 30 により調整すると、図 18 に示すように、特に、低流量における全体温度特性を調整することが可能である。

図 18 に示すような全体温度特性を有する流量検出回路と、図 5 に示したと様な温度センサ 16 と、図 11 に示すように、補正量が大とされた補正マップ有するメモリ 18 とを用いて、演算器 17 により、空気流量が演算される。

この第 3 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様な効果を得ることができる。

なお、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態における駆動回路と、第 3 の実施形態における流量検出回路との両方も用いることによって、高流量は固定抵抗 6 又は 6c で調整し、低流量は固定抵抗 30 で調整すると、さらに全流量域で量相誤差を低減することができる。

図 19 は、本発明の第 4 の実施形態における流量検出回路を示す図である。

図 19 において、流量検出回路は、流量検出のための第 1 測温抵抗体 9 と、この第 1 測温抵抗体 9 に直列接続された第 2 測温抵抗体 10 と、第 1 の測温抵抗体に直列に並列に接続された固定抵抗 31 とを備えている。

この固定抵抗 31 は、第 1 測温抵抗体 9 及び第 2 測温抵抗体 10 よりも抵抗温度係数の大きな材料を用いており、例えば、アルミニウムなどで形成される。またアルミニウムの抵抗温度係数は、3000～4000 ppm/℃であり、第 1 測温抵抗体 9 及び第 2 測温抵抗体 10 を形成するポリシリコン抵抗体に比較し、抵抗温度係数が大きくなるため、固定抵抗 31 は測温抵抗体 9 に接続する。

アルミニウムは、特に、測定素子 1 の端子電極 11（図 1 参照）等に用いられたがって、第 1 測温抵抗体 9 の端子電極 11 i 又は 11 j の配線抵抗が大きくなるようにパターンを形成することによって固定抵抗 31 を形成することも可能である。これにより、流量 0 kg/h における検出流量電圧の空気温度依存を調整し、第 3 の実施形態と同様に全体温度特性を調整することが可能である。

図 20 は、本発明の第 5 の実施形態における加熱温度制御を行うための駆動回路を示す図である。

この第 5 の実施形態は、第 1 の実施形態と似ているが、抵抗 6a に並列に接

れる固定抵抗6 bの抵抗値を、スイッチング素子3 2と、その制御回路3 3とによって選択できる構成となっている。

また、スイッチング素子3 2は、トランジスタなどの半導体スイッチを用い、演算器17等と一緒に製造することができる。また、制御回路3 3も同様に演算器1 7と併せて製造すると製造が容易となる。

さらに、スイッチング素子3 2を制御するための制御回路3 3は、熱式空気流量計の外部と通信できるような機構を搭載することにより、抵抗6 bの抵抗値を容易に調整することができる。

この第5の実施形態においては、例えば、第1の実施形態のように、ブリッジ路を構成する抵抗体の材料にポリシリコンを用いると、その抵抗値に対しておおよそ±20%の製造バラツキを有することになり、このような抵抗値ばらつきに対応できるように、固定抵抗6 bの抵抗値もポリシリコンの抵抗値バラツキに合わせ容易に調整できるようにしたものである。

第5の実施形態のその他の構成は、第1の実施形態と同様となるので、詳細説明は省略する。

また、この第5の実施形態は、先に述べた第2～4の実施形態と組み合わせることも可能である。

また、図3に示した例において、固定抵抗6 bは回路基板2 6に印刷された抵抗となっているが、必ずしも印刷抵抗である必要はない。また、抵抗6 bを回路基板2 6とは別個の場所に配置することもできる。

また、第1の実施形態においては、温度補償用抵抗6 aに並列に固定抵抗6 bを接続したが、温度補償用抵抗6 aの温度係数を図4に示すように、高温になるにつれ、空気温度との差が減少するような特性とすることができれば、固定抵抗6 bを接続する必要は無い。

また、第3の実施形態においては、測温抵抗体1 0に並列に固定抵抗3 0を接続したが、測温抵抗体1 0の温度係数を図1 8に示すように、高温になるにつれ、空気流量0 kg/hにおける検出流量電圧のオフセット量をマイナスに変化するような特性とすることができれば、固定抵抗3 0を接続する必要は無い。

産業上の利用可能性

本発明によれば、熱式空気流量計は、空気流量計のケーシング 2 3 内に設置した温度センサ 1 6 と、この温度センサ 1 6 を用いて測定素子 1 からの流量検出値を補正する演算器 1 7 と、発熱抵抗体 5 の温度制御を行う温度制御回路に空気流によって発熱抵抗体 5 の空気温度に対する上昇温度が変化する加熱温度制御手段を備える。

したがって、全体温度変化と吸気通路壁面温度変化とによって発生する熱式空気流量計の流量検出誤差を同時に補正することができ、測定精度に優れた熱式空気流量計を実現することができる。

本発明は、熱式空気流量計に限らず、他のガス等の流体を計測する熱式流体流量計に適用することができる。

請求の範囲

1. 流体通路内に配置され、電流を流すことによって発熱する発熱抵抗体（5）と、流体温度を検出するための温度補償抵抗体（6 a）と、上記発熱抵抗体（5）の上流の温度を測定する第1測温抵抗体（9）と、下流の温度を測定する第2測温抵抗体（10）とを同一基板上に形成した流量測定素子（1）と、上記発熱抵抗体（5）の温度を制御する温度制御回路（12、13）と、上記流体通路を形成する吸気管の壁面に支持され、上記流量測定素子（1）を支持するケーシング（23）と、

上記ケーシング（23）内の温度を測定する温度センサ（16）と、

上記第1及び第2測温抵抗体（9、10）から流体流量に応じた信号を入力し、上記温度センサ（16）を用いて温度補正を行い出力する演算器（17、18）と、

流体の温度と上記発熱抵抗体（5）の温度との差が流体温度に応じて変化する加熱温度制御手段（6 b、29）と、

を備えることを特徴とする熱式流体流量計。

2. 請求項1記載の熱式流体流量計において、上記加熱温度制御手段（6 b、29）は、上記発熱抵抗体と、上記温度補償抵抗体と、第1抵抗体と、第2抵抗体と、ブリッジ回路を形成し、上記温度補償抵抗体は、上記発熱抵抗体、第1抵抗体及び第2抵抗体とは異なる抵抗温度係数を有し、空気温度が上昇すると加熱度を下がることを特徴とする熱式流体流量計。

3. 請求項1または2記載の熱式流体流量計において、同一の抵抗体材料で成された上記発熱抵抗体、上記温度補償抵抗体、上記第1抵抗体及び上記第2抵抗体は、ブリッジ回路を形成し、上記抵抗体材料とは異なる抵抗温度係数を有する固定抵抗（6 b）が、上記温度補償抵抗体に並列に接続されていることを特徴とする熱式流体流量計。

4. 流体通路内に配置され、電流を流すことによって発熱する発熱抵抗体（5）と、この発熱抵抗体の上下流の温度を測定する第1及び第2の側温抵抗（9、10）とを同一基板上に有する流量検出素子（1）と、

上記発熱抵抗体（5）の温度を制御する温度制御回路（12、13）と、

上記第1及び第2の側温抵抗体（9、10）から流体流量に応じた信号を取出す流量検出回路（17、18）と、

上記流体通路を形成する吸気管の壁面に支持され、上記流量測定素子（1）支持するケーシング（23）と、

上記ケーシング（23）内の温度を測定する温度センサ（16）と、

上記第1及び第2側温抵抗体（9、10）から流体流量に応じた信号を入力し、上記温度センサ（16）を用いて温度補正を行い出力する演算器（17、18）と、

上記流量検出回路（17、18）の、流量ゼロにおける出力電圧であるオフセット電圧が周囲温度に応じて変化する流量検出手段（9、10、30、31）を備えたことを特徴とする熱式流体流量計。

5. 請求項4記載の熱式流体流量計において、上記流量検出手段は、前記第1側温抵抗体（9）と、第2側温抵抗体（10）との直列回路を有し、上記第1側温抵抗体（9）と、第2側温抵抗体（10）とは、異なる抵抗温度係数を有することを特徴とする熱式流体流量計。

6. 請求項4又は5記載の熱式流体流量計において、上記流量検出手段は、同様の抵抗温度係数を有する第1側温抵抗体と、第2側温抵抗体との直列回路を備え、上記第1及び第2側温抵抗体とは異なる抵抗温度係数の固定抵抗が、上記第2側温抵抗体に並列に接続されることを特徴とする熱式流体流量計。

図1

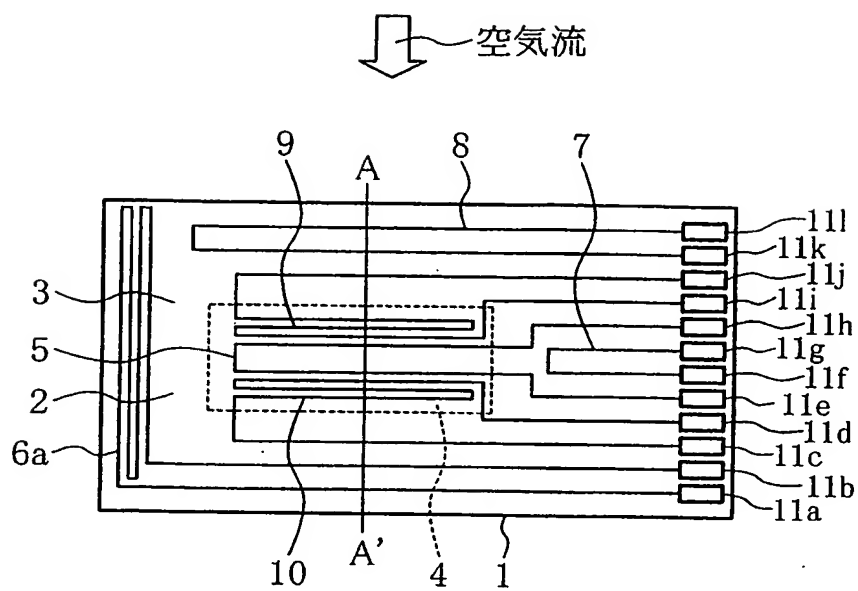


図2

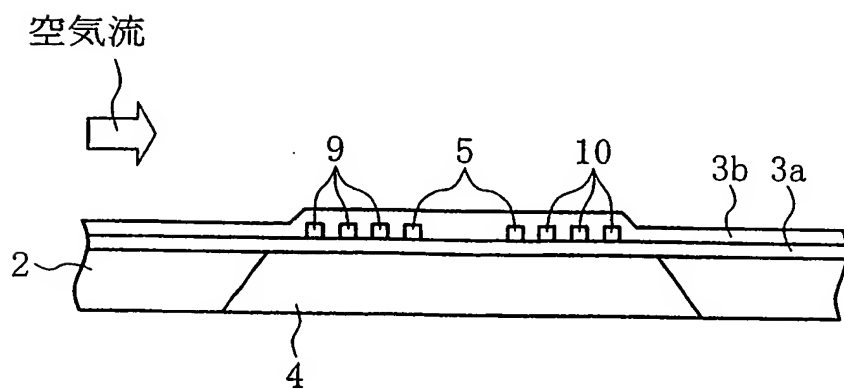


図3

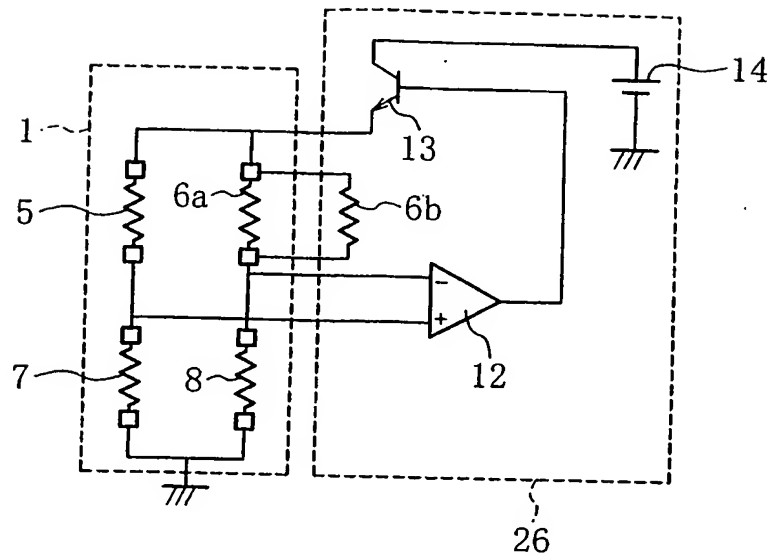


図4

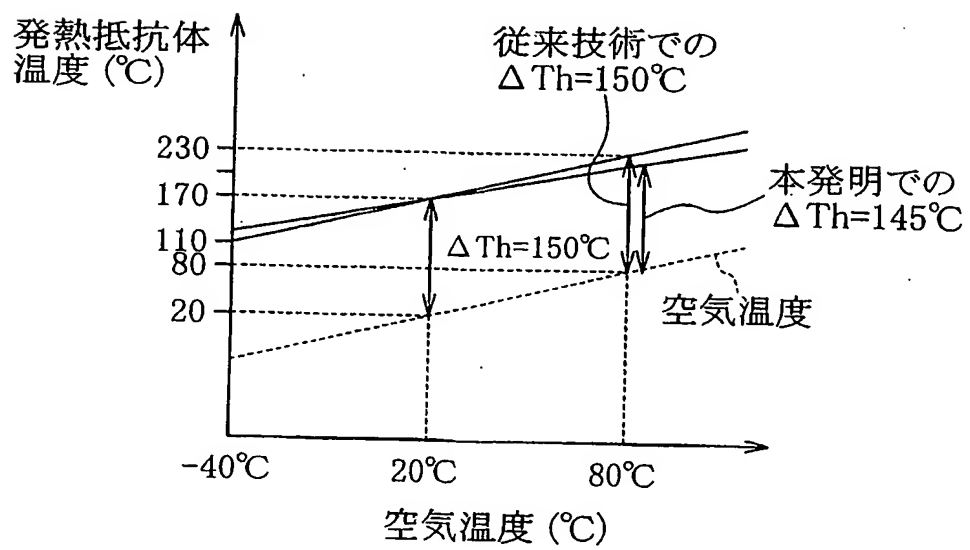


図5

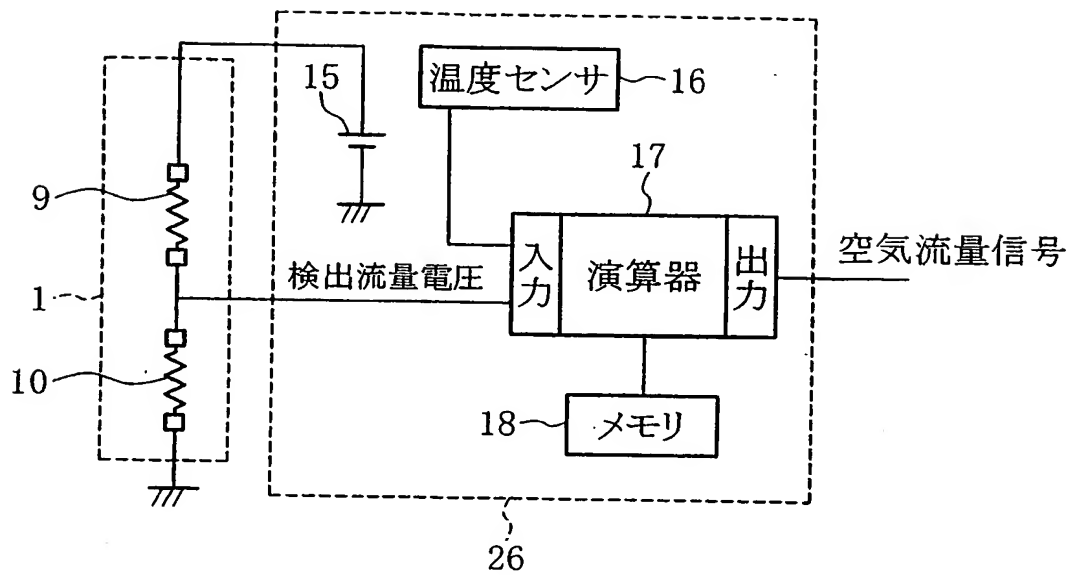


図6

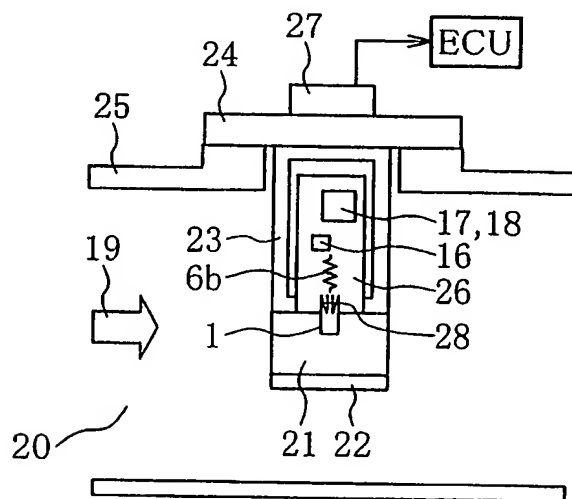


図7

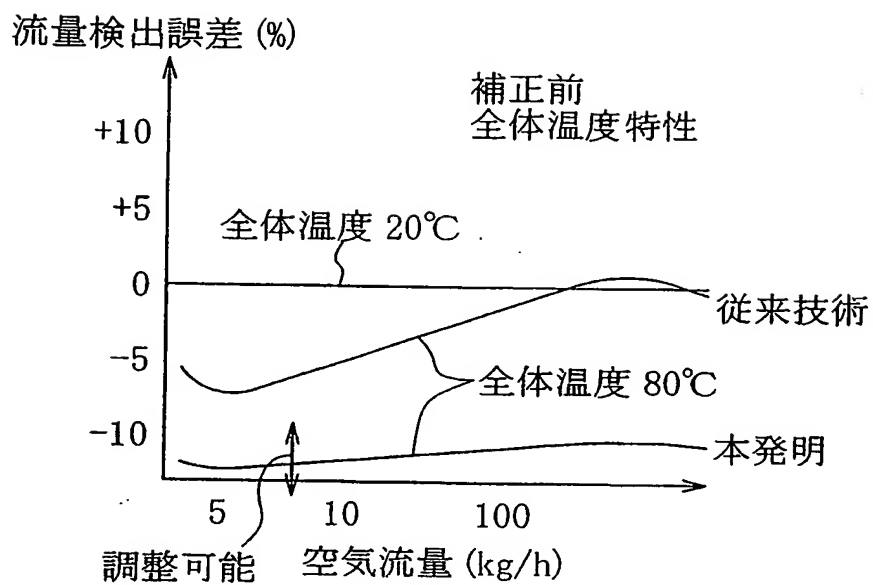


図8

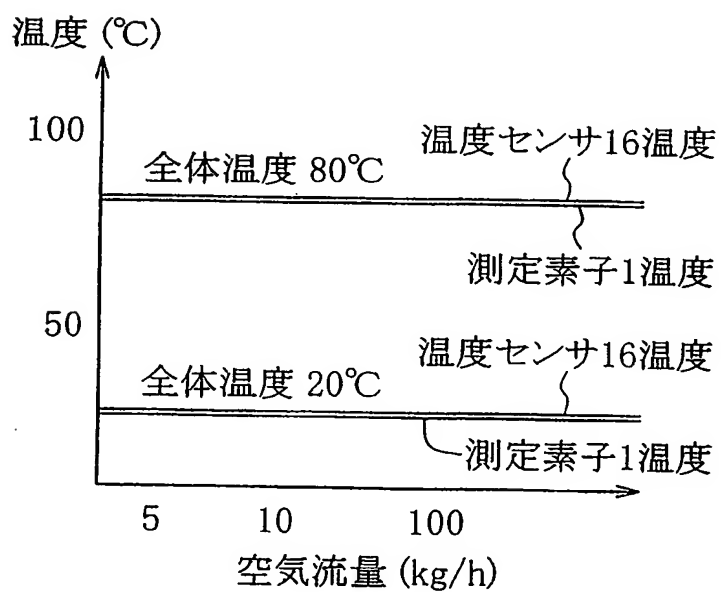


図9

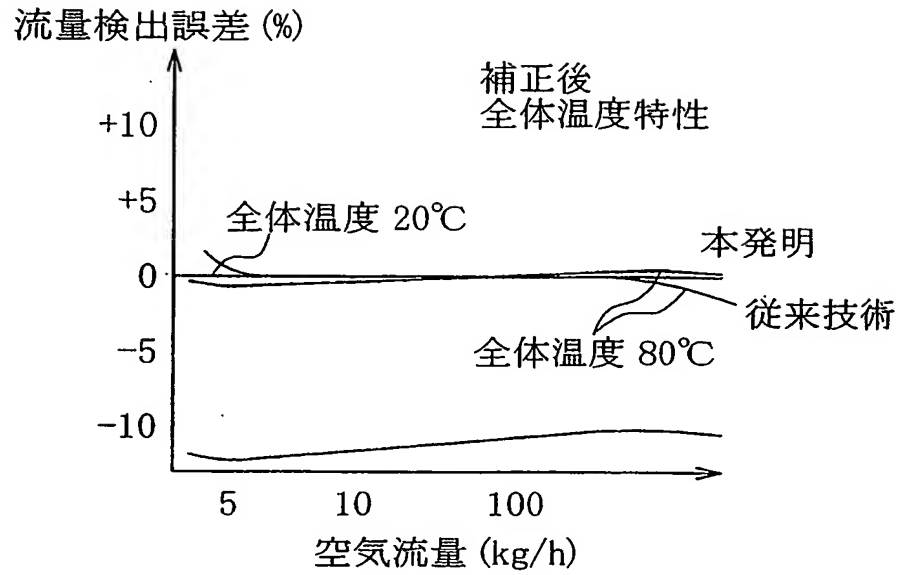


図10

〈表1〉

従来技術での補正マップ

		空気流量		
		5kg/h	10kg/h	100kg/h
温度センサ温度	-40℃	-7 %	-5 %	-1 %
	20℃	0 %	0 %	0 %
	80℃	+ 7 %	+5 %	+1 %

図11

〈表2〉

本発明での補正マップ

		空気流量		
		5kg/h	10kg/h	100kg/h
温度 センサ 温度	-40℃	-12 %	-11.5 %	-11 %
	20℃	0 %	0 %	0 %
	80℃	+12 %	+11.5 %	+11 %

図12

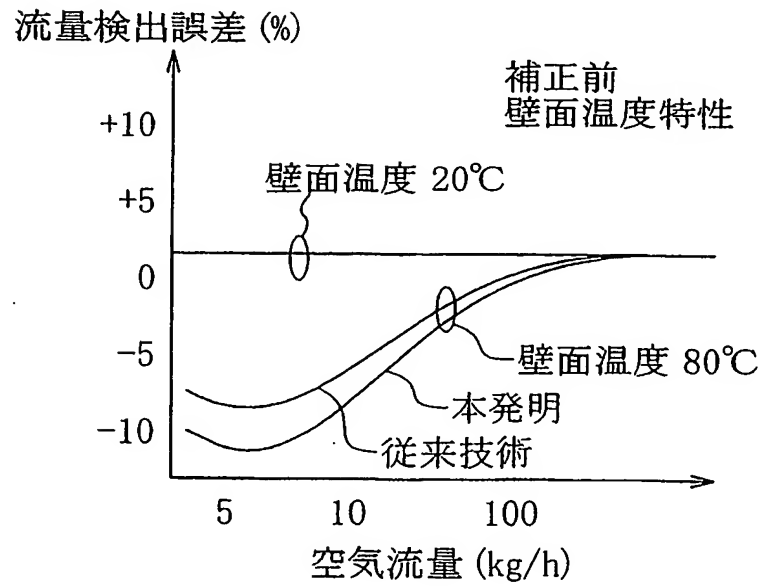


図13

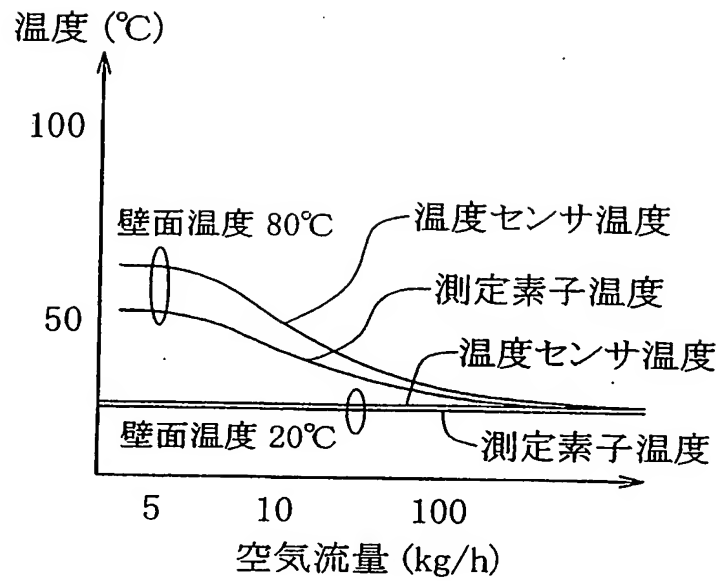


図14

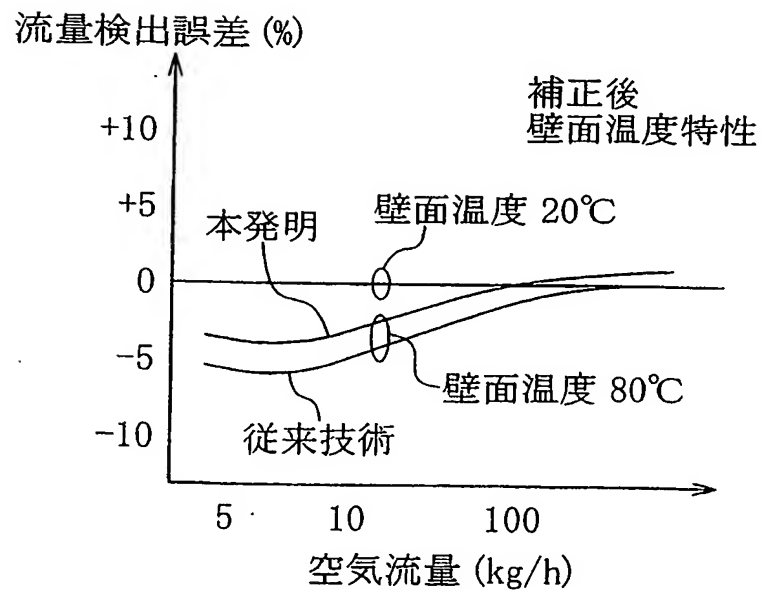


図15

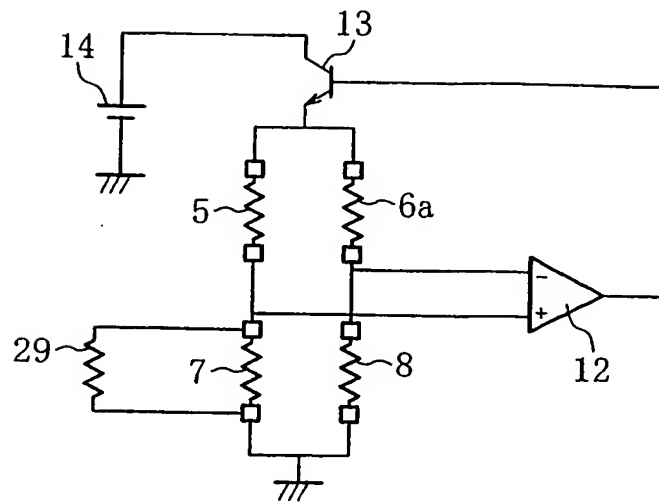


図16

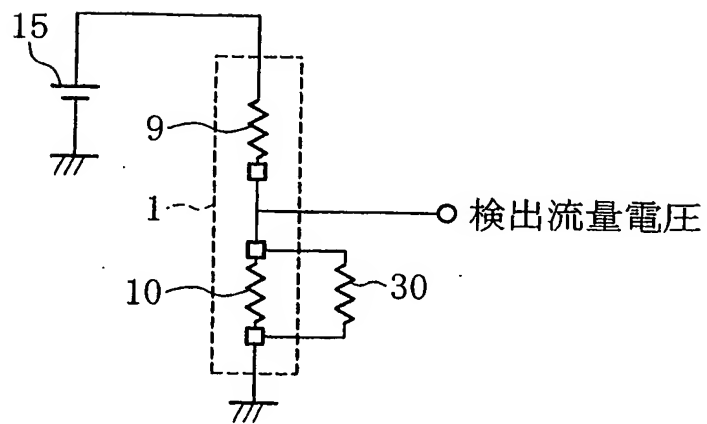


図17

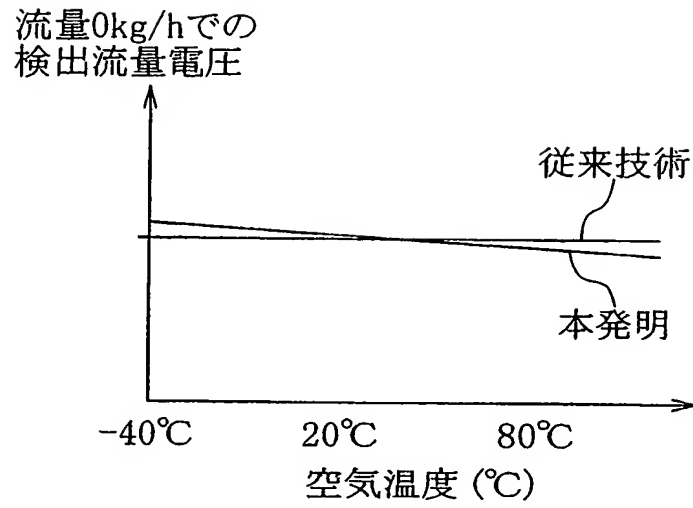


図18

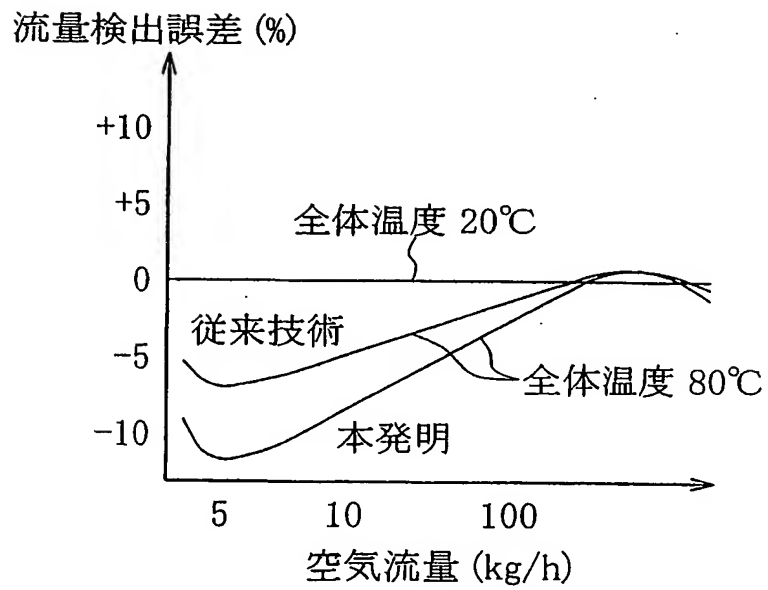


図19

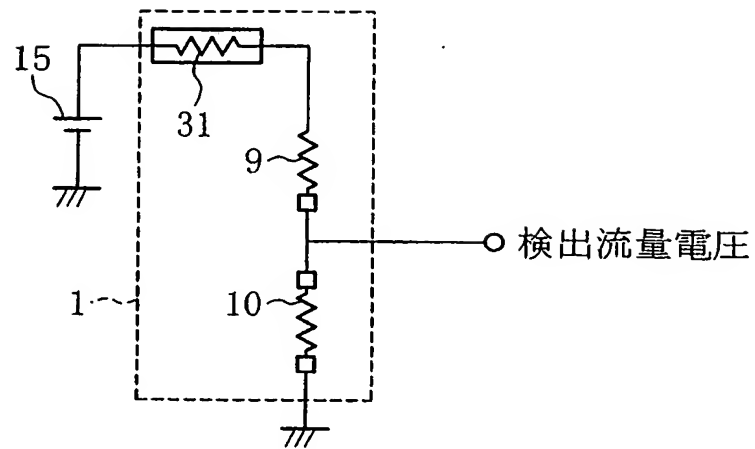


図20

